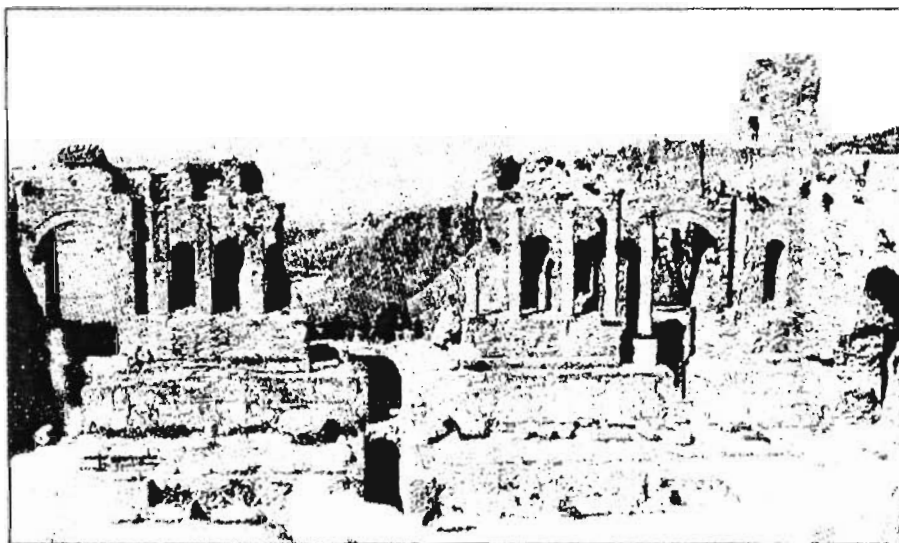


6° Workshop
PROGETTO STRATEGICO
Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno
Taormina, 13-15 Dicembre 1995

ATTI

I Tomo

a cura di
V. Piccione e C. Antonelli



L'INQUINAMENTO E IL SOVRASFRUTTAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE PUGLIESI

V. Cotecchia, M. Polemio

Editor A. GUERRINI

COLLANA DEL PROGETTO STRATEGICO
"CLIMA AMBIENTE E TERRITORIO NEL MEZZOGIORNO"
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

L'inquinamento e il sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee pugliesi

COTECCHIA V., POLEMIO M.

CNR-CERIST, c/o Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica, Politecnico di Bari, Via Orabona 4, Bari

*6° Workshop
Progetto Strategico
Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno
Taormina, 13-15 Dicembre 1995*

Riassunto

L'attività di ricerca, svolta negli ultimi anni dall'unità operativa del CERIST, è consistita in studi delle falde idriche sotterranee delle unità idrogeologiche pugliesi (Fig. 1).

Sono state utilizzate le diverse tecnologie maturate dai ricercatori della struttura di cui fanno parte gli autori: studi idrogeochimici multiparametrici sull'evoluzione del chimismo delle acque sotterranee, rilievi all'infrarosso termico delle coste interessate dalle sorgenti costiere, studi sulle variazioni della distribuzione spaziale dei carichi piezometrici, della salinità e della temperatura idrica, studi sui rapporti idrogeologici tra i differenti corpi idrici sotterranei, anche particolarmente profondi, studi sui metodi di protezione e salvaguardia delle acque sotterranee dall'inquinamento salino.

Di recente si è affiancata la ricerca sulle modalità d'inquinamento antropico degli acquiferi pugliesi, tema reso particolarmente d'attualità in Puglia dal continuo e dissennato uso del sottosuolo quale ricettacolo di qualsiasi tipo di acque reflue. Gli autori intendono riferirsi in particolare all'emergenza sanitaria, ambientale ed economica che ha colpito la Puglia nel 1994.

Si descrivono gli effetti dell'attività umana in termini d'inquinamento della risorsa, di depauperamento, e quelli indiretti legati all'intrusione marina nel continente.

Da questo quadro consegue la necessità di tutelare le risorse idriche sotterranee regionali e di riciclare le acque fino ad oggi andate disperse. Si delinea, infine, un più rigoroso ricorso allo smaltimento nel sottosuolo delle acque reflue provenienti dai presidi depurativi.

Parole chiave: Idrogeologia, Risorse idriche, Inquinamento.

Abstract

Apulian groundwater pollution and overdevelopment

Research carried out in recent years by CERIST operating unit has investigated Apulian hydrogeological unit groundwater (Fig. 1).

Different technologies have been applied by researchers, such as: multi-parameter hydrogeochemical studies of the evolution of groundwater chemism; thermal infrared survey of coasts where springs were found; studies of varied space distribution of piezometric heads, salinity and water temperature; studies of hydrogeological relationships existing between various underground and sometimes very deep "mains d'eau" studies of protection methods of groundwater against saline pollution.

Recently, research has also focused on human-related pollution of Apulian aquifers. This subject has aroused great topical interest following the continuous and senseless use of the subsoil for waste water collection. Authors particularly refer to the health, environmental and economic emergency that hit our Region in 1994.

The effects of human activity on groundwater pollution and depletion are described, alongside indirect effects connected with continental seawater intrusion. Therefore, the need is felt to protect regional groundwater resources and recycle water wasted so far. A more rigorous discharge of depurator waste water into the subsoil is strongly recommended.

Key words: Hydrogeology, Water resources, Pollution.

1. Introduzione

Le acque sotterranee della Puglia, da quattro decenni ad oggi, in altre parole dal momento in cui si è dato inizio all'estrazione crescente di tale risorsa idrica, hanno costituito un riferimento importante per lo sviluppo regionale in campo agricolo, potabile ed industriale. Tale fenomeno è conseguenza della modestissima disponibilità di risorse idriche superficiali, che la regione possiede soltanto in prossimità del Tavoliere. In modo schematico, la Fig. 2 riassume quali sono i problemi principali che affliggono le falde delle quattro grandi unità idrogeologiche pugliesi (Fig. 1).

L'inquinamento salino delle risorse idriche sotterranee della Puglia, in particolare di quelle contenute nei calcari del Mesozoico e poggianti su acqua marina d'intrusione del continente, è ormai fenomeno noto e largamente studiato (COTECCHIA, 1977).

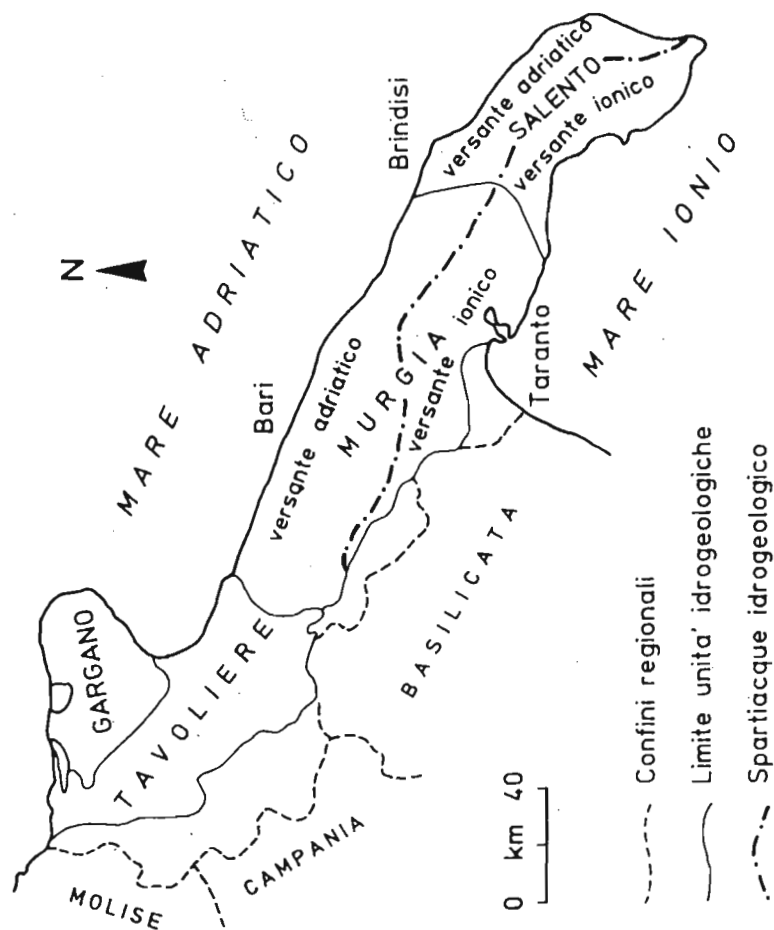


Fig. 1 - Unità idrogeologiche pugliesi (TULIPANO e FIDELIBUS, 1995).

L'evoluzione di tale forma d'inquinamento, così come la riduzione progressiva delle disponibilità effettive dell'acquifero dolce, sono conseguenza immediata della mancanza di tutela delle risorse idriche sotterranee (COTECCHIA, 1990 e 1991). E' evidente che per tali acquiferi, di tipo costiero, esiste un forte legame tra l'avanzamento della contaminazione salina e l'abbassamento dei livelli piezometrici per eccesso di sfruttamento.

Per comprendere il ruolo in questo momento svolto dalle acque sotterranee in Puglia, giova considerare le più recenti stime (1990) dei consumi idrici attuali regionali (Tab. 1). Buona parte dei prelievi è di tipo agricolo, i quali sono intensissimi, diffusi e concentrati in pochi mesi.

Tab. 1 - Stima dei consumi idrici attuali per la Puglia (l/s).

FONTE	COMPARTO POTABILE	COMPARTO INDUSTRIALE	COMPARTO AGRICOLO
extraregionale	12.000	6.500	12.000
regionale (falda)	3.000	2.300	(*) 54.000

(*) Valore di punta.

Nonostante il gran numero di pozzi già presenti nella Regione, stimati nel 1992 fra gli 80.000 e i 90.000, i consumi idrici, di qualsiasi tipo, continuano a crescere al di là di ogni previsione, come mostrato in Tab. 2, relativa ai consumi potabili.

Tab. 2 - Numero dei pozzi e portata d'esercizio emunta per usi potabili dal 1986 al 1993. La portata di esercizio dei pozzi corrisponde alla portata massima emunta.

Unità idrogeologica	1986		1988		1990		1993	
	n.	l/s	n.	l/s	n.	l/s	n.	l/s
GARGANO	8	30	11	66	11	63	11	63
TAVOLIERE	7	64	7	64	9	72	9	72
MURGIA	34	580	76	989	112	1606	119	1760
SALENTO	38	1247	64	1849	86	2470	103	3020
Totale	87	1921	158	2968	218	4211	232	4915

Su tali stime pesa molto la difficoltà di valutazione dei prelievi per uso irriguo, nel seguito oggetto di un'attenta caratterizzazione: in tale settore si risente particolarmente del grave problema dell'abusivismo, che regola da decenni la trivellazione di pozzi da parte del privato.

Il ricorso a pratiche produttive industriali, agricole e zootecniche dannose per l'ambiente, in particolare, per le acque sotterranee, e l'abusivo o poco scrupoloso smaltimento di acque reflue sul suolo e nel sottosuolo hanno causato estesi e non più trascurabili fenomeni d'inquinamento antropico. Gran parte del territorio pugliese si può considerare ad elevato grado di vulnerabilità nei confronti del rilascio sul suolo e nel sottosuolo di corpi idrici inquinanti. Data la natura carsica della regione, tali corpi idrici, nella gran parte dei casi, raggiungeranno le risorse idriche sotterranee (COTECCHIA e TULIPANO, 1989; TADOLINI e FERRARI, 1990; TULIPANO e FIDELIBUS, 1995).

Il Piano di Risanamento delle Acque (PRA) della Regione, ultimato nel 1983, ha sottolineato il profondo squilibrio che sussiste tra il grado d'inquinamento potenziale dell'intero territorio e la capacità depurativa del totale dei presidi depurativi esistenti. A questo squilibrio si aggiunge il fatto che la Regione non dispone di ricettori idonei a raccogliere carichi inquinanti senza danno per il suolo e per le risorse idriche che circolano nel sottosuolo. D'altra parte, lo smaltimento nel sottosuolo delle acque reflue urbane non avviene sempre previo conveniente trattamento. In tali condizioni, i rischi nell'impiego futuro delle risorse idriche sotterranee della Puglia sono veramente notevoli. Soltanto l'unità idrogeologica del Gargano è meno esposta a questi rischi per ragioni idrogeologiche e socioeconomiche; nel seguito, quindi, verrà data maggiore enfasi alle restanti unità.

2. Valutazione dell'evoluzione dell'irrigazione con acque sotterranee

Per valutare l'evoluzione recente della pratica irrigua con acque sotterranee, sono state stimate, per le singole province pu-

FENOMENI DI CONTAMINAZIONE SALINA

GARGANO - FASCIA COSTIERA - STABILE
 TAVOLIERS - FASCIA COSTIERA - STABILE
 MURGIA - ESTESA FASCIA COSTIERA - IN AVANZAMENTO
 SALENTO - TUTTO IL TERRITORIO - IN FORTE AVANZAMENTO

FENOMENI DI ABBASSAMENTO DEI LIVELLI PIEZOMETRICI

GARGANO - STABILE
 TAVOLIERS - IN FORTE PROGRESSIONE IN TUTTO IL TERRITORIO
 MURGIA - IN POCHE AREE DI FORTE PRELIEVO
 SALENTO - OSSERVABILI COME FORTE ESPANSIONE DELLA ZONA DI TRANSIZIONE

FENOMENI DI INQUINAMENTO ANTROPICO

GARGANO	INDUSTRIALE	IN LIMITATE AREE
	AGRICOLO	ASSENTE
	CIVILE	IN LIMITATE AREE
TAVOLIERS	INDUSTRIALE	IN LIMITATE AREE
	AGRICOLO	ESTESO
	CIVILE	IN LIMITATE AREE
MURGIA	INDUSTRIALE	IN LIMITATE AREE
	AGRICOLO	IN LIMITATE AREE
	CIVILE	ESTESO
SALENTO	INDUSTRIALE	IN LIMITATE AREE
	AGRICOLO	ESTESO
	CIVILE	ESTESO

Fig. 2 - Principali problemi connessi all'utilizzazione delle acque sotterranee in Puglia.

gliesi, le superfici così irrigate, elaborando sia i dati relativi ai censimenti ISTAT AGRICOLTURA del 1971, 1982 e 1990, sia i dati, relativi alle aree irrigate con acque superficiali, forniti dai Consorzi ed Enti che gestiscono impianti irrigui (Fig. 3).

In venti anni in Puglia le superfici irrigate con acque sotterranee sono più che raddoppiate.

Nel territorio barese, grossomodo corrispondente al versante adriatico della Murgia (Fig. 1), in appena otto anni, tra il 1982 ed il 1990, l'incremento medio delle superfici irrigate risulta superiore al 90%. In particolare, emerge che oltre il 65% delle aree irrigate si concentra nei comuni costieri, la cui superficie territoriale rappresenta poco più del 20% di quella provinciale. Nella fascia costiera di Bari l'incremento delle aree irrigate, tra il 1982 ed il 1990, è stato di circa il 65%, mentre nell'interno ha raggiunto il 138%. La rapida crescita dei prelievi, in prossimità delle aree di ricarica, riduce l'apporto di acque dolci ed enfatizza i già catastrofici effetti del sovrasfruttamento lungo la costa. I pochi e non sistematici dati di quota piezometrica dell'interno del territorio murgiano barese evidenziano una tendenza moderatamente decrescente. La mancanza di rilevamenti sistematici non consente in ogni caso di poter descrivere, con rigore, l'entità del fenomeno.

La crescita dei prelievi nell'area murgiana trova in parte giustificazione nel fenomeno di trasformazione fondiaria in atto, agevolata dall'avvento della tecnologia di perforazione a distruzione di nucleo, che consente profondità superiori ai 1000 m a costi relativamente contenuti. Per contro, nelle aree costiere la scarsa disponibilità di acque sotterranee sufficientemente dolci ha condizionato lo sviluppo dell'irrigazione.

Nel Salento, la quasi totalità dei fabbisogni idrici è soddisfatta con le acque sotterranee. Attribuendo un fabbisogno specifico medio per ettaro irrigato di circa 2500 m^3 all'anno, valutato in relazione alla predominanza delle coltivazioni arboree, si perviene a una stima che per il 1990 supera 70 Mm^3 , equivalenti ad una portata media annua di 2300 l/s per la sola provincia di Lecce. I prelievi ad uso irriguo, approssimati per difetto, e potabile raggiungono quasi la potenzialità stimata per l'intera unità idro-

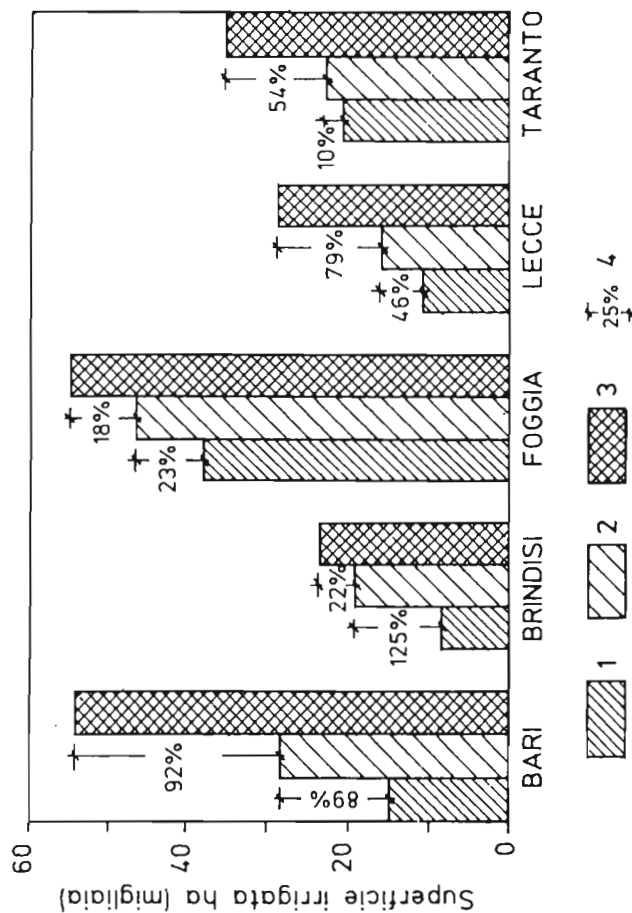


Fig. 3 - Superficie irrigata con acque sotterranee. Valori relativi all'anno: 1) 1971, 2) 1982, 3) 1990; 4) incremento.

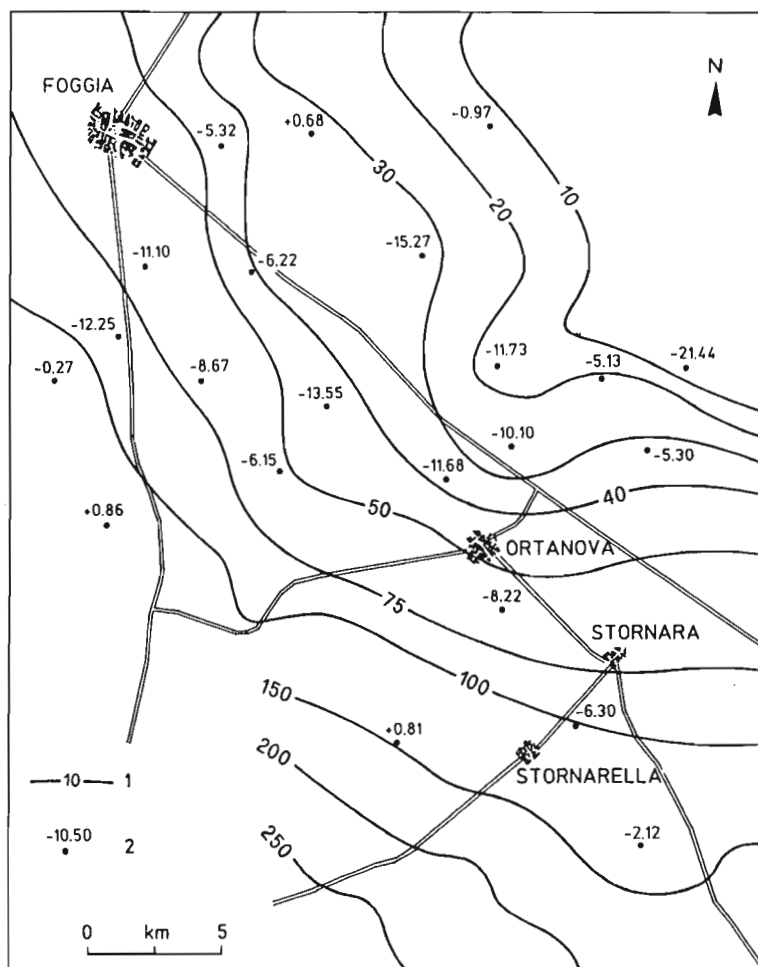


Fig. 4 - Variazioni piezometriche relative all'acquifero superficiale del Tavoliere centrale. 1) Isopiezica del 1987 (m slm), 2) variazione della quota piezometrica dal 1987 al 1994 (m).

geologica, pari a $6 \text{ m}^3/\text{s}$. In questa stima non compaiono sia altre porzioni di territorio pertinenti all'unità idrogeologica, ricadenti nelle province di Taranto e Brindisi, sia i prelievi industriali. Infine, si noti che il ricorso alle acque sotterranee sembra crescere sempre più rapidamente (Tab. 3).

Tab. 3 - Variazione nel tempo delle superfici irrigate (ha) con acque sotterranee nella provincia di Lecce (ISTAT) e portata media annua emunta (l/s).

	1971	1982	1990
ha	12.150	16.205	29.053
l/s	960	1.300	2.300
Incremento		33%	79%

In controtendenza sono i territori provinciali di Taranto e Foggia; in questi l'apporto di acque di derivazione superficiale e, secondariamente, la scarsa disponibilità di ulteriori acque sotterranee dolci, hanno frenato tale fenomeno.

In particolare, nel caso dell'alto Tavoliere, in sinistra del F. Ofanto, l'apporto di acque d'irrigazione di derivazione superficiale ha ridotto il ricorso alle risorse idriche sotterranee. Nell'area centrale della piana (Ortanova), per contro, l'intero comparto agricolo, con esclusione del modestissimo prelievo diretto dai corsi d'acqua, attinge in maniera massiccia alle acque sotterranee della falda superficiale. A conferma di ciò, si noti che in soli dieci anni è aumentato di circa il 69 % il numero noto di pozzi del Tavoliere (Tab. 4).

Tab. 4 - Tavoliere: numero dei pozzi noti (Genio Civile, Foggia).

COMUNE	1985	1994	incremento %
Carapelle	228	311	36
Cerignola	2511	3800	51
Foggia	3194	6000	88
Manfredonia (*)	881	1600	82
Ordona	41	268	554
Ortanova	1519	2024	33
S. Ferdinando di P.	101	250	148
Stornara	257	433	68
Stornarella	166	390	135
Trinitapoli	399	660	65
TOTALE/MEDIA	9297	15736	69

(*) Il territorio comunale di Manfredonia ricade in parte nell'unità idrogeologica del Gargano.

3. Gli effetti negativi sugli acquiferi

L'estrema eterogeneità degli interventi antropici, essenzialmente prelievi ed immissioni, si sovrappone alla variabilità spaziale della ricarica naturale e all'intrusione marina, creando effetti variegati.

3.1 Il degrado delle risorse idriche sotterranee del Tavoliere

L'aspetto che preoccupa, per l'unità idrogeologica del Tavoliere, è la sensibile riduzione dei carichi piezometrici.

I livelli piezometrici della falda idrica superficiale sono stati rilevati negli anni 1950, 1970 e 1987. Si riportano nel seguito alcune osservazioni scaturite dal confronto tra le isopieziche relative ai rilievi del 1950 (COLACICCO, 1953), del 1970 (CASMEZ) e 1987 (ITALCOSITER, 1989).

Nel 1950 si rilevava l'esistenza di acque artesiane fin quasi in prossimità della costa, dove oggi i carichi piezometrici sono anche inferiori al livello mare di 10 m.

E' indicativo il valore dell'arretramento medio, rispetto alla linea di costa, subito dalle isopieziche 0, 5, 10 e 20 m s.l.m., nel periodo tra un rilievo ed il successivo (Tab. 5).

Tab. 5 - Arretramento dalla costa (Km) in due intervalli di tempo di diverse isopieziche della falda idrica superficiale del Tavoliere.

PERIODO	N. ANNI	ISOPIEZICHE (m s.l.m.)			
		0	5	10	20
1950-1970	21	5-7	6-7	5	3-4
1970-1987	18	1-19	3-5	2-3	1-3

Si sta verificando un vero e proprio svuotamento dell'acquifero particolarmente rilevante e crescente in prossimità della costa. Tale fenomeno ben presto potrà dare ulteriori effetti negativi in termini di subsidenza, gravissima sia per le strutture sia per gli equilibri terra-mare, in aree definitivamente bonificate solo agli inizi di questo secolo. Il sensibile e progressivo depauperamento delle riserve dell'acquifero è dovuto agli eccessivi prelievi. A tale riguardo si consideri che una stima fissava a circa 180 Mm³ i prelievi annui di acque sotterranee dei comparti civile, agricolo e industriale nel Tavoliere (ITALCOSITER, 1989).

Per una valutazione più recente della situazione sono stati eseguiti, nel febbraio 1994, appositi rilievi piezometrici (Fig. 4). E' così risultato che le depressioni piezometriche sono particolarmente rilevanti, anche oltre i 20 m, laddove la falda è maggiormente sfruttata, a Nord e Nord-Est di Ortanova.

3.2 Stato qualitativo delle acque di falda nell'area salentina e murgiana

La gravità degli effetti dei fenomeni, sia naturali che artificiali, rilevanti per la tutela delle risorse idriche sotterranee degli acquiferi carbonatici pugliesi, si coglie nei casi della Murgia (Fig. 5) e del Salento (Fig. 6). In questi casi, il rapido e rilevante arretramento del fronte delle acque sotterranee dolci appare in tutta la sua drammaticità. Se dal punto di vista planimetrico l'arretramento del fronte delle acque soggette all'intrusione sali-

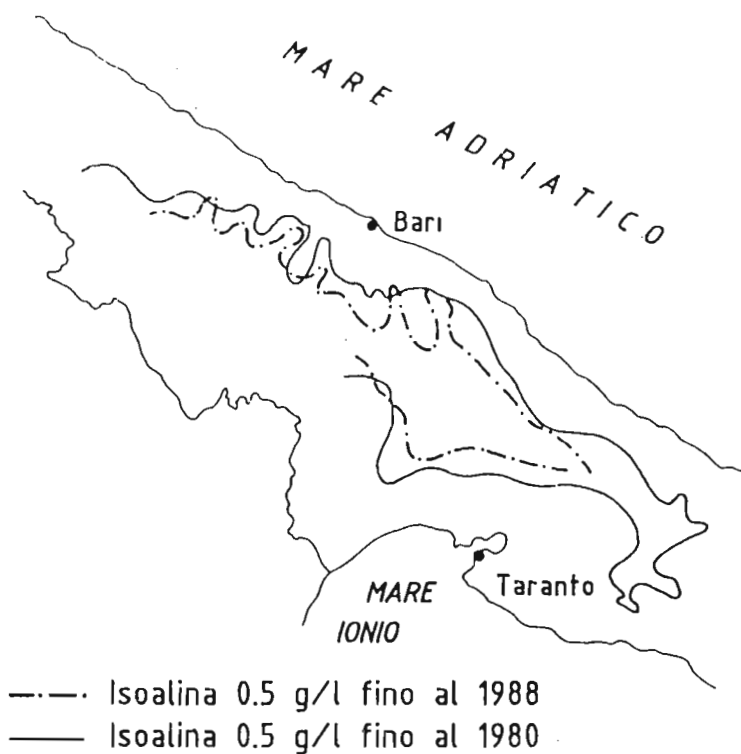


Fig. 5 - Recenti effetti dell'intrusione salina nella Murgia.

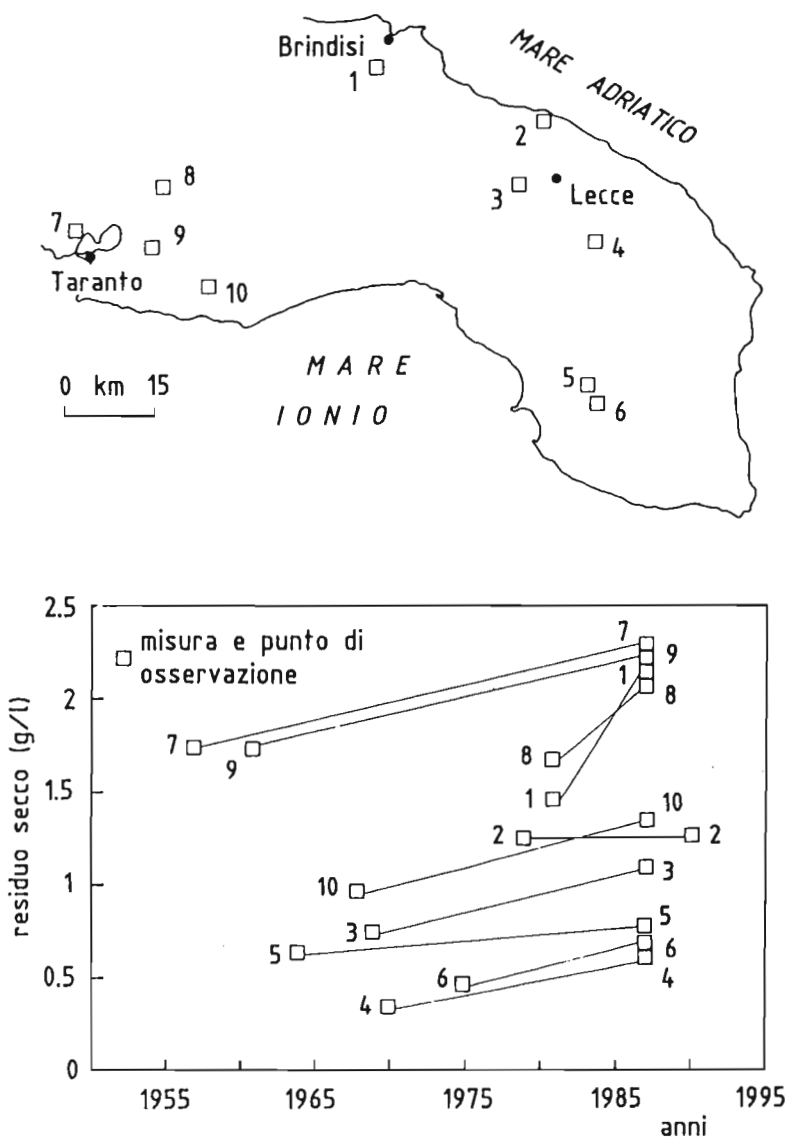


Fig. 6 - Recenti effetti dell'intrusione salina nel Salento.

na interessa vastissimi territori, il peggioramento della qualità dell'acqua emunta da ciascun pozzo è apprezzabile. In particolare, grossomodo dal 1980 ad oggi, l'intrusione salina, marcata dall'incremento della concentrazione dell'ione cloro, progredisce con maggiore rapidità (Fig. 7). I maggiori incrementi, per i pozzi selezionati, sono relativi a perforazioni della Murgia (Galeso per il versante ionico e S. Candida per quell'adriatico) soprattutto per la minore distanza del mare rispetto alle due salentine considerate.

Lo stato qualitativo delle acque di falda salentine, già afflitte da una progressiva contaminazione salina, desta particolare preoccupazione per l'inquinamento riconducibile ai rilasci nel sottosuolo di acque reflue urbane non o insufficientemente depurate.

Il sottosuolo salentino rappresenta oggi, infatti, il recapito finale di acque reflue d'origine urbana ed industriale a diverso grado di trattamento. Allo stesso sottosuolo pervengono inoltre le acque di dilavamento superficiale dei terreni agricoli trattati abbondantemente con prodotti chimici; tali acque provocano, allorché raggiungono le falde idriche sotterranee, modificazioni progressive delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque stesse.

Un'indagine condotta nel 1985 in buona parte del Salento ha interessato oltre 230 punti-acqua ed una superficie territoriale di circa 1300 Km². E' stato così valutato lo stato di salute delle acque sotterranee (TADOLINI e FERRARI, 1990).

Dalle distribuzioni di alcuni parametri, ammoniaca, nitrati, coliformi totali e domanda d'ossigeno biochimica e chimica, delle acque sotterranee campionate dai pozzi in emungimento, emerge un quadro conoscitivo a luoghi allarmante (Fig. 8-12). Le porzioni centrosettentrionali del Salento sono quelle che presentano globalmente le massime concentrazioni d'ammoniaca (Fig. 8), prossime a quella del limite della Tab. A (L. 319/76) ma ben maggiori del limite di potabilità (DPCM 8/2/1985; Dir. CEE n. 80/778). Le massime concentrazioni in nitrati, non preoccupanti, sono prevalentemente distribuite nella porzione più meridionale (Fig. 9). I valori massimi del BOD₅ sono ben distribuiti nel territorio (Fig. 10), mentre quelli di COD sono per con-

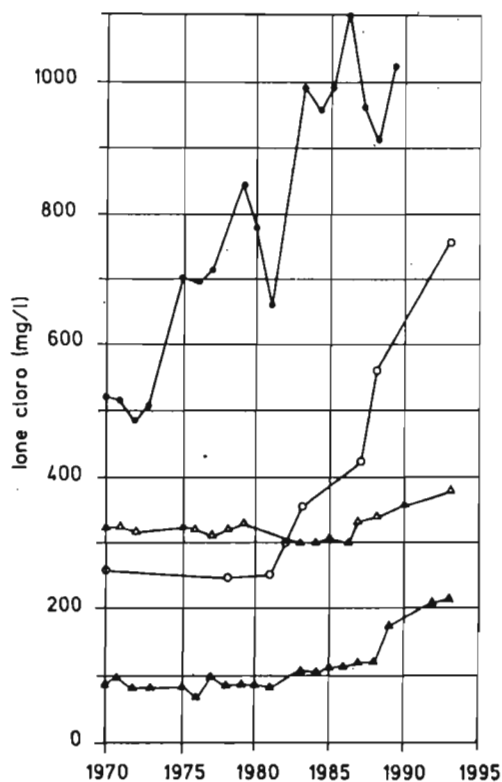


Fig. 7 - Variazione nel tempo della concentrazione dello ione cloro (mg/l) nelle acque sotterranee captate da pozzi della Murgia e del Salento. Pozzo considerato, comune e distanza dalla costa in chilometri: 1) Galeso, Taranto, 0,8; 2) S. Candida, Polignano, 3,7; 3) Surbo I, Surbo, 13,0; 4) Galugnano I, Galugnano, 15,0.

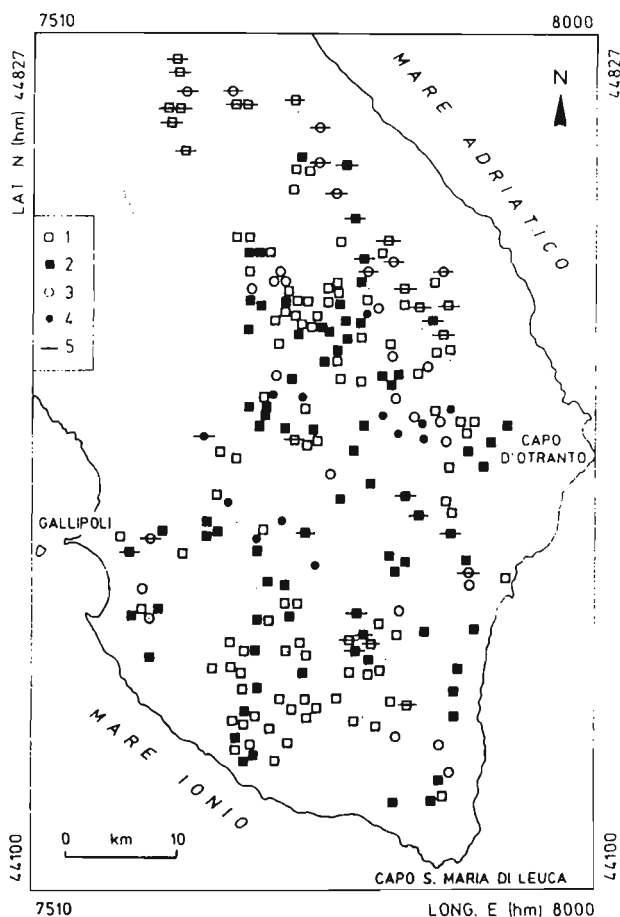


Fig. 8 - Concentrazione di ammoniaca (mg/l) nelle acque sotterranee emunte dalle falde superficiali e profonda del Salento (da TADOLINI e FERRARI, 1990, modificata). 1) Assente, 2) $< 0,5$, 3) da $0,5$ a 10 , 4) > 10 , 5) prelievo dalla falda idrica superficiale.

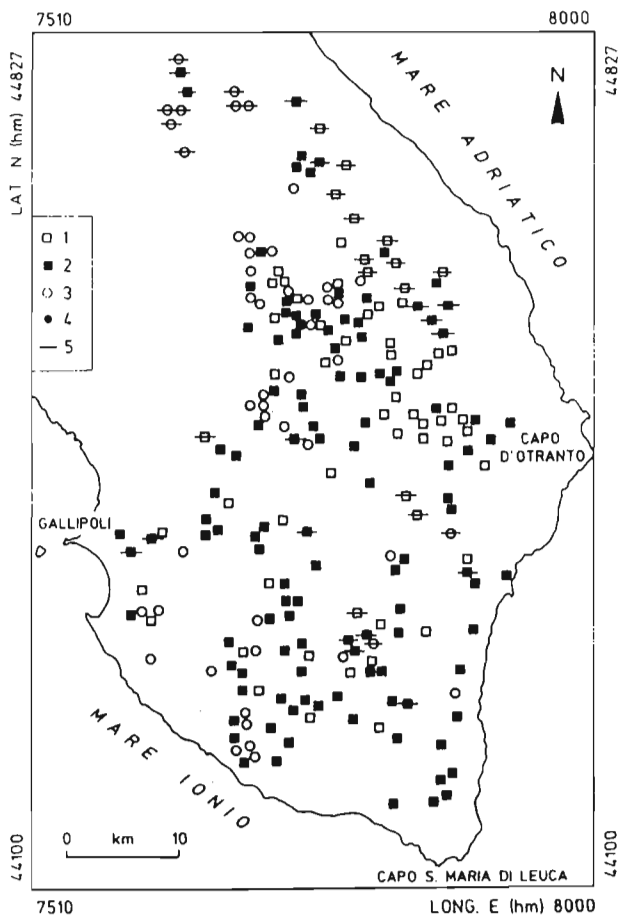


Fig. 9 - Concentrazione di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee emunte dalle falde superficiali e profonda del Salento (da TADOLINI e FERRARI, 1990, modificata). 1) < 10, 2) da 10 a 25, 3) da 25 a 50, 4) > 50, 5) prelievo dalla falda idrica superficiale.

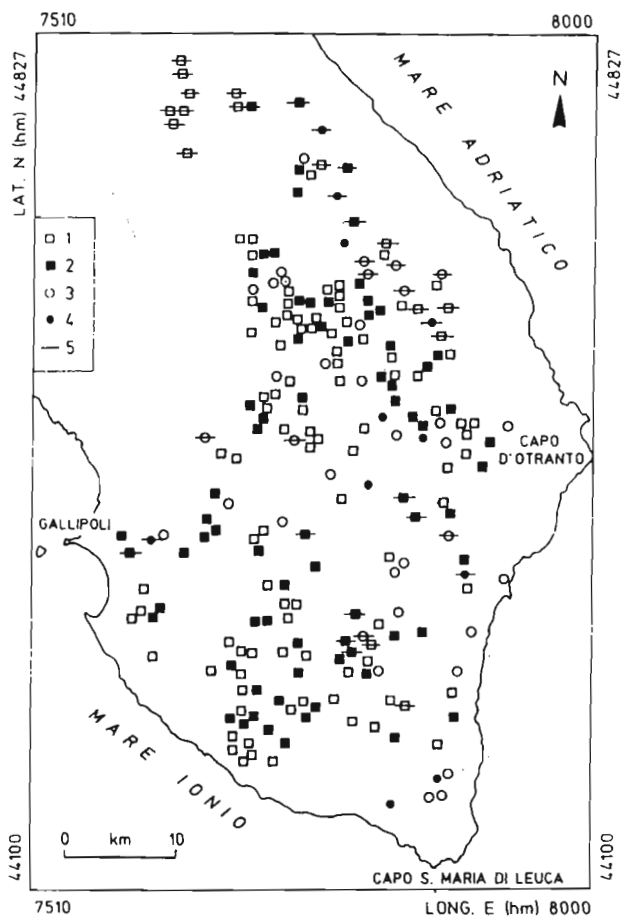


Fig. 10 - Valore della domanda biochimica di ossigeno (BOD₅ come O₂, mg/l) nelle acque sotterranee emunte dalle falde superficiali e profonda del Salento (da TADOLINI e FERRARI, 1990, modificata). 1) < 1, 2) da 1 a 2, 3) da 2 a 3, 4) > 3, 5) prelievo dalla falda idrica superficiale.

tro individuabili lungo la porzione orientale del Salento (Fig. 11). In entrambi i casi s'osserva una tendenza alla crescita procedendo dall'interno verso la costa; i valori misurati di BOD₅ e COD sono significativamente inferiori ai limiti considerati. I coliformi totali sono presenti in tutto il territorio in esame; le massime concentrazioni sono state individuate nelle porzioni più meridionali e lungo la porzione settentrionale della costa adriatica.

I coliformi totali sono presenti nel 68% dei pozzi, con valori superiori a 50 MPN/100 ml; nel 57% dei casi è stato superato il valore di 150 MPN/100 ml.

S'osserva che dove i deflussi idrici sotterranei sono più attivi e la ricarica è più significativa si riscontrano generalmente le minime concentrazioni dei parametri rilevati e, quindi, le acque di migliore qualità (TADOLINI e FERRARI, 1990). Le concentrazioni dei vari parametri sono risultate crescenti in prossimità dei maggiori centri abitati salentini.

Nel caso del Salento è così possibile individuare alcuni caratteri dell'inquinamento:

- maggiore inquinamento in prossimità di alcune aree urbane;
- maggiore inquinamento in prossimità della costa, in particolare quella adriatica;
- minore inquinamento dove la circolazione e la ricarica sono più attive.

La distribuzione planimetrica dei pozzi in cui si è rilevata la presenza di forme batteriche, evidenzia in particolare come tale presenza sia più marcata nelle falde idriche degli acquiferi superficiali, caratterizzati dalla modesta soggiacenza e pertanto poco protette nei confronti del rilascio di corpi inquinanti (Fig. 12).

Un'indagine condotta più recentemente ha interessato circa 300 pozzi della Murgia e del Salento, considerando quale parametro indice la concentrazione dei nitrati (Tulipano e Fidelibus, 1995). Nel complesso risulta che l'inquinamento da nitrati delle acque sotterranee del Salento (Fig. 13) si manifesta arealmente più diffuso (valori raramente inferiori a 25 mg/l), ma senza rag-

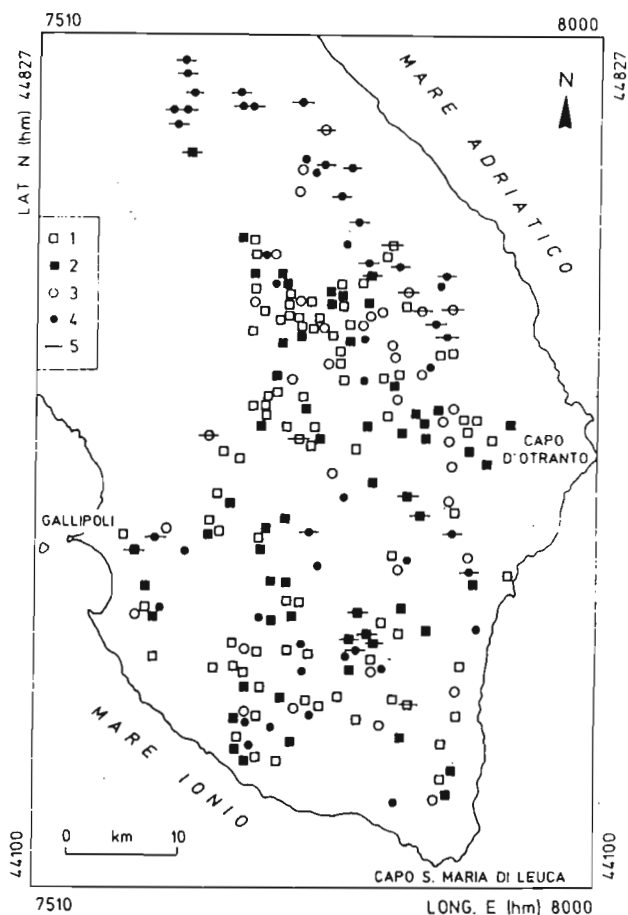


Fig. 11 - Valore della domanda chimica di ossigeno (COD come O_2 , mg/l) nelle acque sotterranee emunte dalle falde superficiali e profonda del Salento (da TADOLINI e FERRARI, 1990, modificata). 1) < 1, 2) da 1 a 2, 3) da 2 a 4, 4) > 4, 5) prelievo dalla falda idrica superficiale.

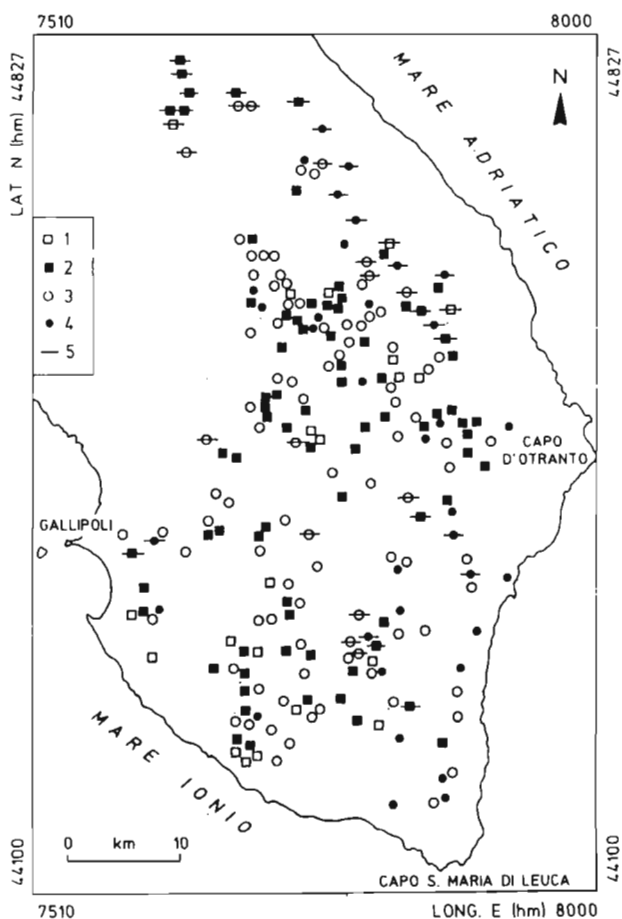


Fig. 12 - Concentrazione di coliformi totali (MNP/100ml) nelle acque sotterranee emunte dalle falde superficiali e profonda del Salento (da TADOLINI e FERRARI, 1990, modificata). 1) < 10, 2) da 10 a 50, 3) da 50 a 150, 4) > 150, 5) prelievo dalla falda idrica superficiale.

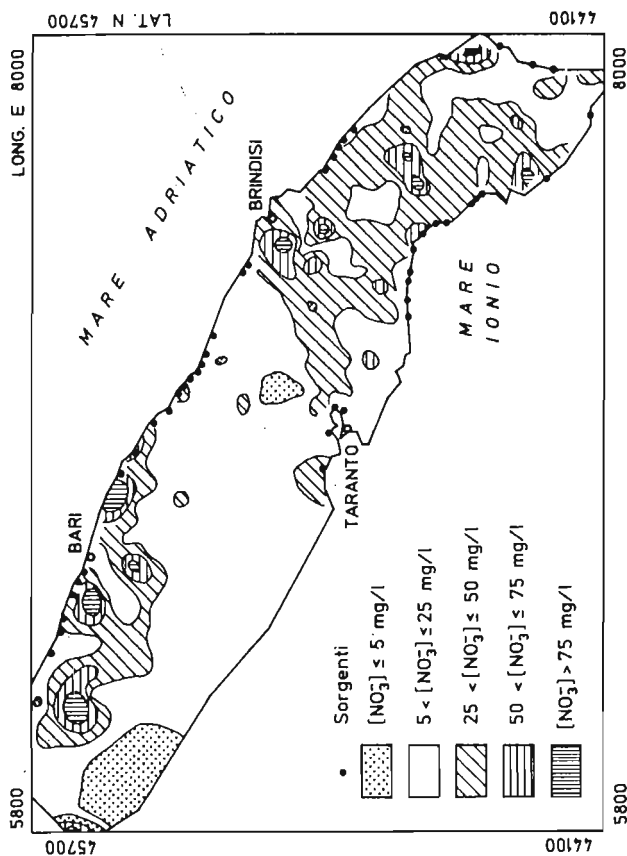


Fig. 13 Concentrazione dei nitrati (NO_3^-) nelle acque sotterranee della Murgia e del Salento (mg/l) (da TULIPANO e FIDELIBUS, 1993, modificata).

giungere livelli particolarmente elevati, risultando poche e limitate in estensione le aree dove si supera la concentrazione di 50 mg/l, pari al limite di potabilità.

Nel territorio murgiano invece, sono arealmente più estese le zone dove le concentrazioni si mantengono al di sotto dei 25 mg/l. Nello stesso tempo, però, compaiono vistosi fenomeni d'inquinamento che portano la concentrazione in NO_3^- a valori anche superiori a 100 mg/l: tali fenomeni interessano aree ben circoscritte e sono sicuramente correlabili alla presenza di grossi abitati i cui scarichi sono classificabili a maggior grado di rischio. Per la porzione più meridionale del Salento, si noti sia che la Fig. 13 è in buona relazione con quanto rappresentato dalla Fig. 9 sia che i dati più recenti (TULIPANO e FIDELIBUS, 1995) evidenziano localizzati e marcati incrementi della concentrazione dei nitrati.

Il ricorso al telerilevamento con scanner operante nel campo dell'infrarosso termico ha permesso di evidenziare la posizione e di stimare la portata delle sorgenti costiere murgiane e salentine (COTECCHIA e TULIPANO 1989; COTECCHIA *et al.*, 1994) (Fig. 14).

Una campagna di rilievi idrochimici ha interessato le principali sorgenti costiere individuate (COTECCHIA e TULIPANO, 1993).

Sono state determinate le concentrazioni delle specie azotate, nitriti e nitrati, dei tensioattivi anionici, dei fosfati e la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto (Fig. 15 e 16). I parametri considerati evidenziano, in buona concordanza, alcuni picchi relativi ai tratti di costa attorno alle Città di Bari e Taranto, per la Murgia, e attorno a Gallipoli, per il Salento. I valori relativi al versante adriatico del Salento sono poco variabili e generalmente rilevanti, ad eccezione dei fosfati. In genere, i valori riscontrati sono inferiori ai limiti di potabilità, ad eccezione dei nitrati.

Le sorgenti costiere, come noto, costituiscono un sicuro vettore di non trascurabili carichi inquinanti prodotti nell'entroterra, immessi nel sottosuolo e raccolti dalle principali linee di flusso. Tale circostanza permette d'ipotizzare che, lungo la costa adriatica salentina, il rilevante inquinamento segnalato (Fig. 8-12) sia

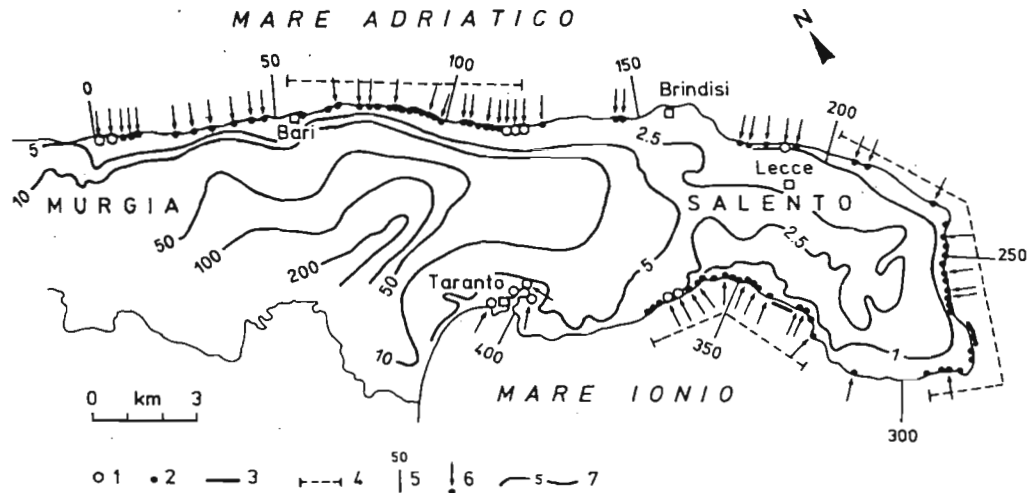


Fig. 14 - Sorgenti e superficie piezometrica della Murgia e del Salento (da COTECCHIA e TULIPANO, 1989). Sorgenti concentrate con portata stimata 1) superiore e 2) inferiore a 100 l/s; 3) deflussi sorgentizi diffusi, 4) tratti di costa interessati dal rilievo all'infrarosso termico con scanner multispettrale; 5) distanza progressive di riferimento per il campionamento, 6) sorgenti campionate, 7) isopieziche (m slm).

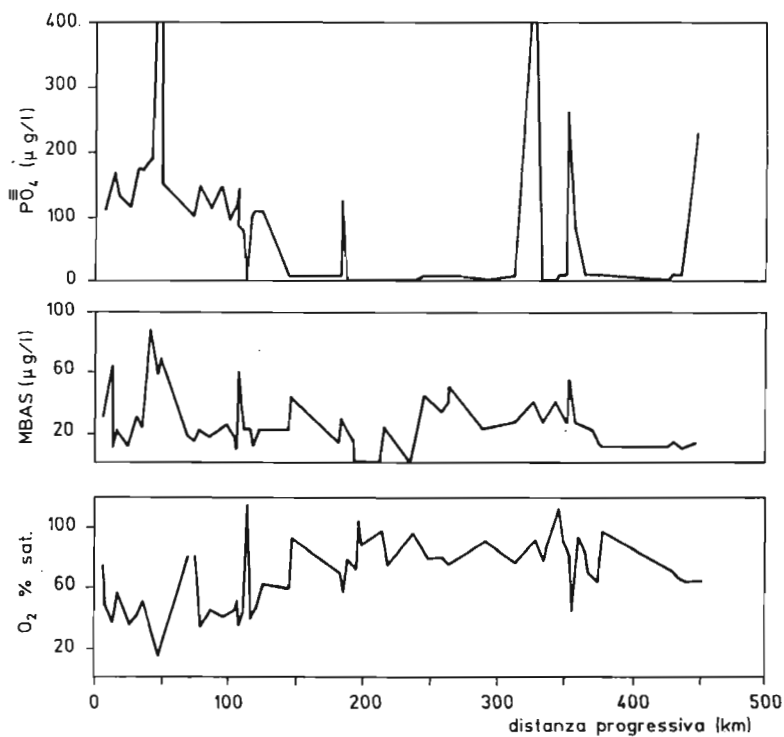


Fig. 15 - Concentrazione di fosfati (PO_4), detersivi (come MBAS) e ossigeno disciolto nelle acque sorgive lungo la costa della Murgia e del Salento (da COTECCHIA e TULIPANO, 1989).

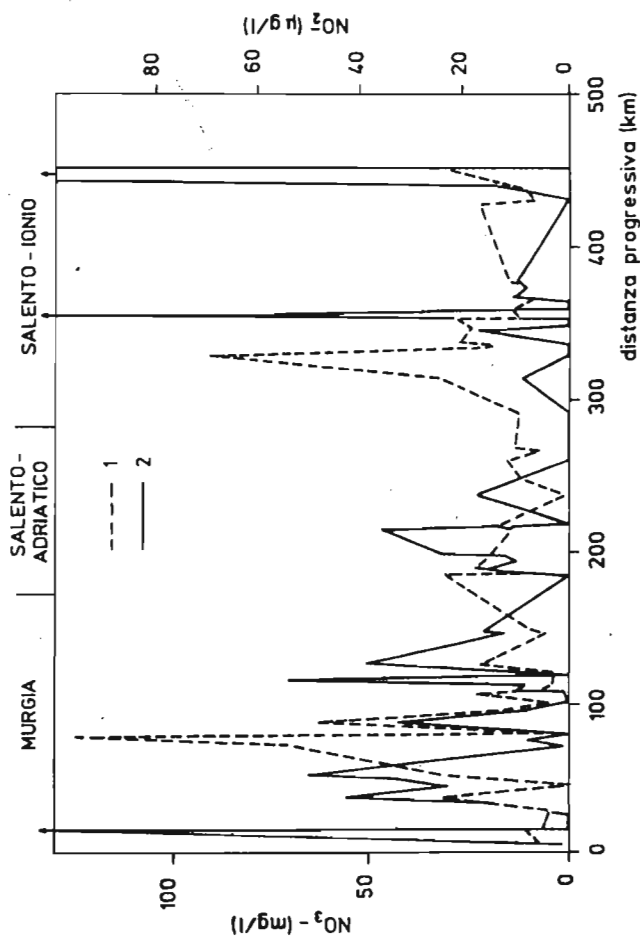


Fig. 16 - Concentrazione di nitrati (NO_3), e nitriti (NO_2) nelle acque sorgive lungo la costa della Murgia e del Salento (da COTECCHIA e TULIPANO, 1989).

diluito grazie ad una buona diffusione dei fronti sorgentizi (Fig. 14).

I pochi dati raccolti all'epoca della redazione del PRA evidenziavano mediamente concentrazioni dei nitrati in falda minori di 5 mg/l in Murgia e dell'ordine di 15 mg/l nel Salento, anche se nelle aree finitime di Lecce si evidenziavano, già allora, concentrazioni superiori ai 30 mg/l. La mancanza di controlli sistematici, su una rete di misura all'uopo definita, non consente una perfetta e sistematica valutazione dell'evoluzione dei fenomeni d'inquinamento. Appare comunque evidente che il degrado qualitativo della risorsa idrica sotterranea, pur non considerando i gravi e inesorabili fenomeni d'inquinamento salino, interessa con progressione nel tempo tutta l'area salentina e buona parte di quella murgiana. Il che equivale a ritenere che, anche laddove il degrado appare oggi non particolarmente marcato, la situazione si deteriora nel tempo, con conseguenze immediate ai fini degli usi cui la falda acquifera è, senza alcuna tutela, sottoposta.

4. Ottimizzazione degli interventi significativi per la tutela delle risorse idriche sotterranee

E' ben noto che una notevole fonte idrica non convenzionale è rappresentata oggi, fra le disponibilità idriche regionali, dalle acque reflue depurate (Tab. 6).

Tab. 6 - Le acque reflue prodotte nella regione pugliese secondo il Piano di Risanamento delle Acque della Puglia.

fognatura	smaltimento Mm ³	qualsiasi %	smaltimenti Mm ³	sottosuolo %
esistente	393	56	136	78
inesistente	313	44	38	22
TOTALE	706		174	

Peraltro il già ricordato PRA della Puglia prevedeva l'immissione in falda di notevoli quantitativi di acque reflue, sia per ricaricare artificialmente gli acquiferi, sia per contrastare, dove

possibile, l'ingressione in falda dell'acqua marina (Fig. 17). Un impulso a tale pratica deriva dalla crescente funzionalità d'impianti di depurazione.

Un esempio a scala regionale d'uso integrato delle risorse idriche è il sistema idrico denominato Sinni-Salento (Fig. 18), progettato e solo per una parte già costruito. In tale schema trovano utilizzo acque reflue, acque sorgive salmastre, pozzi e acque superficiali approvvigionate al di fuori della Regione.

Detti argomenti presentano aspetti scientifici di gran rilevanza; la sperimentazione deve dare risposta a difficili quesiti, relativi in particolare alla diffusione nel mezzo carbonatico saturo e non, disomogeneo e anisotropo, soggetto all'intrusione marina, di un fluido a diversa temperatura, salinità e contenente concentrazioni residue di sostanze potenzialmente inquinanti, tanto da fornire strumenti e modalità idonei per l'attuazione delle immisioni cui si è dinanzi accennato. Questi obiettivi sono stati tutti da tempo proposti, in modo da istituire organicamente e sistematicamente nella Regione le opportune sperimentazioni.

4.1 Stato dei presidi di depurazione

La Tab. 7 riporta una descrizione della tipologia degli impianti di depurazione esistenti, con indicazione dei recapiti finali.

Tab. 7 - Comuni serviti da impianti di depurazione, tipo e recapito degli impianti. "N" Numero dei comuni per provincia, "CS" Comuni serviti, "NI" impianti in servizio, impianto depurativo di tipo "I" primario o "II" secondario, recapito finale realizzato nel "S" sottosuolo, "T" sul suolo o "M" in mare.

Provincia	N	CS	NI	I	II	S	T	M
Bari	50	50	40	10	30	13	17	10
Brindisi	21	16	18	10	8	9	6	3
Foggia	63	42	42	10	32		35	7
Lecce	97	32	32	6	26	22	5	5
Taranto	29	24	25	1	24	12	8	5
Regione	260	164	157	37	120	56	71	30

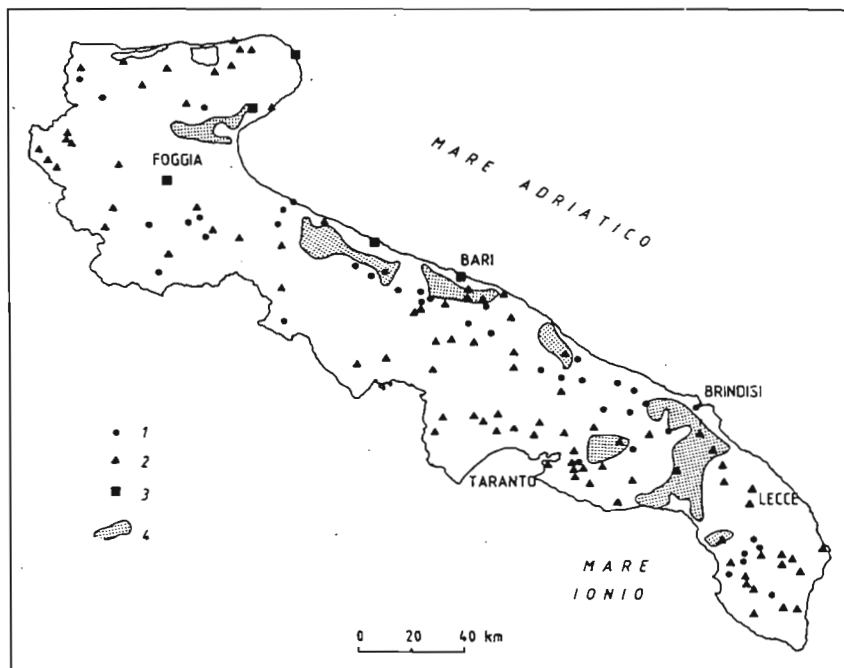


Fig. 17 - Impianti di depurazione (1987) e previsioni secondo il PRA di smaltimento per ricarica artificiale della falda. Impianti di depurazione dotati di (1) trattamento primario; (2) trattamento biologico; (3) trattamento biologico e disidratazione del fango; (4) aree di prevista ricarica artificiale.

SISTEMA IRRIGUO SINNI-SALENTO

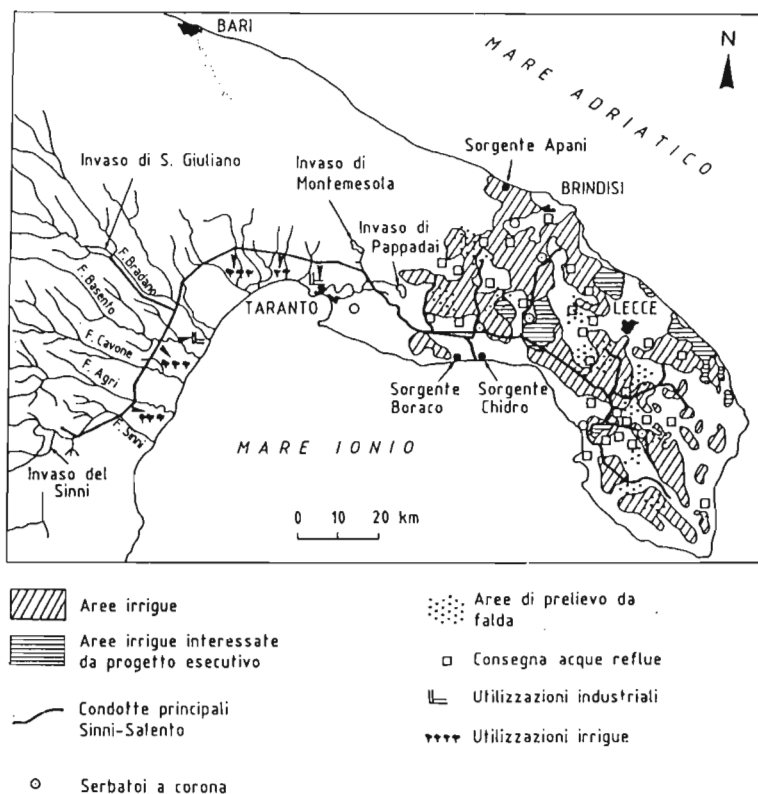


Fig. 18 - Sistema irriguo Sinni-Salento secondo le previsioni progettuali.

E' possibile osservare come la percentuale di comuni serviti da un impianto di depurazione sia minima (33%) per la provincia di Lecce, dove peraltro, con esclusione dei comuni rivieraschi, il recapito finale dei reflui è rappresentato dal sottosuolo. A livello regionale la percentuale media di consumi serviti è pari al 60%.

Anche se circa il 70% degli impianti è di tipo ossidativo, va precisato che, per molti di essi, la potenzialità non è adeguata ai carichi in arrivo e che comunque il PRA indicava per lo scarico nel sottosuolo l'adeguamento dei reflui trattati alla Tab. C della legge 319/76 e del RR 5/89. Si rende necessario pertanto un adeguamento della potenzialità complessiva e del grado di depurazione.

Con i programmi d'intervento in materia di difesa dall'inquinamento, unitamente alla realizzazione di nuovi impianti di depurazione, sono previsti anche adeguamenti di quelli esistenti e miglioramenti dei servizi di fognatura.

Con riferimento alle reti fognarie degli agglomerati urbani, la popolazione regionale servita rappresenta solo il 60% del totale. Detto indice scende al 30% in provincia di Lecce. Non sono peraltro disponibili informazioni sia sul grado d'efficienza sia sul reale sviluppo delle reti esistenti.

4.2 Progettazione dei nuovi impianti con previsto recapito nel sottosuolo e gestione degli esistenti

Sono spesso mancate le indagini previste dai regolamenti, preliminari all'ubicazione e alla progettazione, atte ad accertare le locali situazioni idrogeologiche. Tali indagini sono state talvolta sviluppate, in forma spesso approssimata, nel corso della realizzazione delle opere di smaltimento nel sottosuolo, costituite generalmente da pozzi di immissione.

Nella quasi totalità dei casi mancano i previsti pozzi spia (RR 5/89), da destinare al monitoraggio degli effetti prodotti nel sottosuolo dallo smaltimento in parola. Ne consegue che non si possono ritenere cautelativamente individuati i limiti circostanti i punti di immissione dei reflui al di là dei quali sono possibili emungimenti, in condizioni di sicurezza per l'utenza.

Durante la gestione degli impianti si è notato che:

- sono limitati i controlli della funzionalità dei sistemi di depurazione e praticamente assenti quelli sugli effetti sul recapito finale;
- è pratica diffusa progettare gli impianti senza eseguire misure dirette delle portate e dei carichi inquinanti;
- in alcuni casi mancano anche i misuratori delle portate in ingresso all'impianto;
- stante l'inadeguata potenzialità degli impianti di depurazione, si verifica che talvolta parte delle portate in arrivo all'impianto vengano conferite al recapito finale senza trattamento.

L'esperienza dei gestori pone peraltro in evidenza come e quanto difficile sia la corretta conduzione degli impianti stessi, specie se di piccole dimensioni. In molti casi tali situazioni possono essere ricondotte a carenze dei sistemi di depurazione, sottodimensionati rispetto alle esigenze reali, ma molto frequentemente le problematiche sono riconducibili ad una non corretta progettazione.

4.3 *Qualità degli effluenti*

In Puglia sono state rilasciate "temporanee" autorizzazioni, ai sensi dell'Art. 14 bis del RR 5/89, per scaricare secondo limiti "meno restrittivi" di quelli previsti dalla normativa, giustificati dall'inadeguata potenzialità dei sistemi di depurazione o dall'assenza degli impianti.

S'evidenzia che ben ventuno impianti in Puglia scaricano oltre i limiti di legge. Di questi, otto hanno come recapito il sottosuolo, precisamente: Carovigno, Ceglie Messapico, Massafra, Oria, San Michele Salentino, San Pancrazio Salentino, S. Pietro Vernotico, S. Vito dei Normanni e Villa Castelli; i rimanenti scaricano a mare o in acque superficiali. Tra questi ultimi si ritrovano gli impianti di Minervino e Spinazzola, che conferiscono i reflui nel bacino idrografico sotteso dall'invaso del Locone, dal quale sono attinte acque da destinare all'uso potabile, previa potabiliz-

zazione. Le stesse acque, avviate all'irrigazione senza trattamento, presentano problemi per detto uso, stante il non trascurabile inquinamento batteriologico che contraddistingue le acque dell'invaso.

La posizione degli impianti di depurazione che in questo momento recapitano nel sottosuolo, rileva in alcuni casi situazioni di potenziale pericolosità per le vicine opere d'approvvigionamento potabile.

Nella provincia barese gli impianti con recapito nel sottosuolo di Gioia del Colle, Casamassima, Cassano Murge, Sammichele di Bari, Turi ed Acquaviva delle Fonti sono posti, rispetto al flusso delle acque sotterranee, a monte dei centri di prelievo potabile di Casamassima, Valenzano, Adelfia, Noicattaro e Rutigliano, che assicurano un'aliquota non trascurabile dell'approvvigionamento idrico dei centri abitati costieri. In particolare, gli impianti di Casamassima e Turi hanno il solo trattamento primario e quello di Gioia non ha la potenzialità adeguata a trattare l'intera portata dei reflui in arrivo.

Nell'area salentina la situazione, determinata dalla mancanza di presidi di depurazione in aree interessate da prelievi potabili dalla falda, è ormai insostenibile; in particolare rappresentano casi davvero degni di nota quelli di Corigliano, Galugnano e Bagnolo, dove l'ente gestore preleva ad uso potabile rispettivamente 600, 230 e 120 l/s in prossimità dei relativi abitati, adesso non serviti da impianto di depurazione.

La presenza di tali situazioni, cui si aggiunge l'esistenza di altri numerosi centri di pericolo evidenziati dallo studio sulle aree degradate condotto dalla Regione, pone in luce come improcrastinabile sia la definizione delle "aree di salvaguardia" previste dal DPR 236/88.

Ad oggi non sono maturate esperienze concrete sugli effetti d'immissioni di acque dolci in un corpo idrico salato e dotato d'incerta mobilità. In ogni caso, sviluppare modelli numerici e fisici, fondati su misure di campo, sarebbe assai utile per stabilire criteri per la pianificazione e progettazione dei futuri impianti e per stabilire fino a che punto spingere il processo depurativo.

E' in ogni modo da presumere che i reflui immessi in profondità, in virtù della loro diversa temperatura, contenuto salino e densità, finiscano col migrare verso l'alto, andando ad interessare la falda utilizzata per scopi irrigui e potabili.

In Puglia, lo stato dell'approvvigionamento idrico potabile ed il diffuso, ancorché non sempre elevato, degrado qualitativo delle acque di falda non consentono d'affidare al sottosuolo il recapito di acque reflue trattate secondo i limiti di Tab. C (L.319/76). Ciò è testimoniato dai casi d'inquinamento talora riscontrati e dalla circostanza che, ad oggi, per le opere di captazione potabile, non sono definite le aree di salvaguardia (DPR 236/88). La stessa Tab. C, nella L. 319/76, era indicata per gli scarichi industriali che trovavano recapito nella fognatura, in modo da avvicinare la qualità delle acque reflue industriali a quelle civili.

Per quanto attiene al grado del trattamento da perseguire con gli impianti di depurazione che prevedono smaltimento nel sottosuolo, ci si dovrà orientare, per il momento, al rispetto dei limiti della Tab. A della L. 319/76. Questo trattamento peraltro consente in futuro recapiti diversi dal sottosuolo.

Per quanto attiene alle modalità di smaltimento, nell'ipotesi di spingere il trattamento dei reflui ai limiti indicati dalla Tab. A, è possibile rilasciare gli stessi anche nella porzione insatura del sottosuolo, sovrastante l'acquifero saturo.

La soluzione di smaltire nella zona insatura del sottosuolo, dove disponibile, ancorché ottimale sotto l'aspetto socioeconomico ed ambientale, non può comunque prescindere da alcune verifiche riguardanti:

- le caratteristiche di permeabilità della porzione di terreno da interessare con lo smaltimento, e ciò con riferimento alle capacità d'assorbimento delle acque reflue, e alla possibilità che le stesse non raggiungano il sottostante acquifero in tempi troppo brevi;
- le localizzazioni delle opere d'attingimento di acque sotterranee, che rappresentano un vincolo non trascurabile per la scelta dei siti in cui compiere lo smaltimento.

Lo smaltimento nelle porzioni insature del sottosuolo offre il vantaggio di poter contare, dove praticabile, su una certa percolazione del corpo idrico immesso attraverso la zona di aerazione, creando condizioni favorevoli per l'instaurarsi di processi d'auto-depurazione.

La presenza, in vicinanza delle opere di smaltimento in zona insatura, di pozzi privati è un elemento di rischio in quanto, nella quasi totalità dei casi, sono realizzati senza accorgimenti per isolare la colonna cieca del rivestimento, nella parte fuori falda. Lungo tali verticali l'inquinante può di fatto raggiungere in tempi brevissimi l'acquifero o, peggio ancora, le acque reflue possono essere estratte dall'opera di captazione appena diluite. Tale circostanza può presentarsi anche a causa del diffuso e spesso molto sviluppato fenomeno carsico ipogeo. L'indagine da condurre sui siti di smaltimento dovrà compendiare, pertanto, aspetti progettuali e di ricerca insieme, finalizzati all'individuazione della soluzione più conveniente sotto l'aspetto tecnico-economico.

Bibliografia

- CASMEZ - *Tavoliere delle Puglie - Studi idrogeologici preliminari per l'applicazione del modello analogico elettrico* R.C. Roma.
- COLACICCO G., 1953 - *Sull'alimentazione ed il ravvenamento della falda sotterranea del Tavoliere - La carta delle acque sotterranee del Tavoliere*. Conv. Naz. Ingegneri Italiani, Foggia, 1-2.
- COTECCHIA V., 1977 - *Studi e ricerche sulle acque sotterranee e sull'intrusione marina in Puglia (Penisola Salentina)*. Quad. Ist. Ric. Acque, Roma, XX: 345 pp.
- COTECCHIA V., 1990 - *Emergenza idrica: obiettivi per una più adeguata gestione delle risorse idriche*. I° Conv. Naz. Protezione e gestione delle acque sotterranee. Metodologie, Tecnologie e Obiettivi, Modena, 20 - 22 settembre.
- COTECCHIA V., 1991 - *Strategie progettuali e gestionali delle risorse idriche*. MEDIT - Rivista di economia, agricoltura e ambiente, 2, III: 40 - 55.
- COTECCHIA V., D'ECCLESIS G., FIORILLO F., POLEMIO M., TULIPANO L., 1994 - *Applicazioni di tecniche di telerilevamento con sistema termovisivo all'infrarosso per l'individuazione di efflussi costieri e di aree di drenaggio di corpi franosi*. Workshop del Progetto Strategico Clima, ambiente e territorio nel Mezzogiorno, Amalfi, 28-30 aprile 1993, in corso di stampa.
- COTECCHIA V., TULIPANO L., 1989 - *Le emergenze a mare, individuate anche con tecniche di telerilevamento, come vettori di carichi inquinanti dagli acquiferi carbonatici e carsici pugliesi all'ambiente costiero*. CNR, I Workshop del Progetto Strategico Clima, ambiente e territorio nel Mezzogiorno; Taormina, 11-12 dicembre 1989.
- ITALCOSISTER, 1989 - *Modello matematico dei sistemi acquiferi dei bacini Fortore e Ofanto - Piani di bacino dei fiumi Fortore e Ofanto*. Provveditorato regionale alle opere pubbliche per la Puglia, Bari.
- TADOLINI T., FERRARI G., 1990 - *Analisi sullo stato di inquinamento delle sotterranee salentine (Puglia meridionale)*. I conv. Naz. "Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi". Modena, II: 399-424.
- TULIPANO L., FIDELIBUS D., 1995 - *Metodologie per la valutazione degli effetti del rilascio di reflui urbani sulla distribuzione dei nitrati nelle acque sotterranee delle unità idrogeologiche della Murgia e del Salento (Italia meridionale)*. II Conv. Int. Di Geoidrologia, Firenze, 167-179.